

(51) Int.Cl.<sup>5</sup> 識別記号  
 H 0 5 K 1/02  
 H 0 1 L 23/12  
 H 0 5 K 3/20

F I  
 H 0 5 K 1/02 J  
 3/20 Z  
 H 0 1 L 23/12 J

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平9-134707

(22) 出願日 平成9年(1997)5月26日

(71) 出願人 000003296

電気化学工業株式会社

東京都千代田区有楽町1丁目4番1号

(72) 発明者 辻村 好彦

福岡県大牟田市新開町1 電気化学工業株式会社大牟田工場内

(72) 発明者 中村 美幸

福岡県大牟田市新開町1 電気化学工業株式会社大牟田工場内

(72) 発明者 伏井 康人

福岡県大牟田市新開町1 電気化学工業株式会社大牟田工場内

(54) 【発明の名称】 回路基板

(57) 【要約】

【課題】 ヒートサイクルに対する耐久性が高く、金属回路パターンの微細化を実現させた回路基板を生産性よく製造すること。

【解決手段】 活性金属を含む接合層を、金属回路の下端部から内側及び／又は外側にはみ出させて金属回路がセラミックス基板に接合されてなるものであって、金属回路同士間、接合層同士間及び金属回路と接合層との間の間隔のうち最短間隔が0.5～1.0mmであり、しかもその最短間隔における150℃の絶縁抵抗が $1 \times 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上であることを特徴とする回路基板。活性金属を含む接合層を、金属回路の下端部から内側及び／又は外側にはみ出させて金属回路がセラミックス基板に接合されてなるものであって、金属回路同士間、接合層同士間及び金属回路と接合層との間の間隔のうち最短間隔が0.5～1.0mm、金属回路の下端部からのみ出し接合層の長さが $-50 \mu\text{m}$  (内側に $50 \mu\text{m}$ ) ～ $+30 \mu\text{m}$  (外側に $30 \mu\text{m}$ )、及び金属回路の下端部と上端部との寸法差が $50 \sim 100 \mu\text{m}$ であることを特徴とする回路基板。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 活性金属を含む接合層を、金属回路の下端部から内側及び／又は外側にはみ出させて金属回路がセラミックス基板に接合されてなるものであって、金属回路同士間、接合層同士間及び金属回路と接合層との間の間隔のうち最短間隔が0.5～1.0mmであり、しかもその最短間隔における150℃の絶縁抵抗が $1 \times 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上であることを特徴とする回路基板。

【請求項2】 活性金属を含む接合層を、金属回路の下端部から内側及び／又は外側にはみ出させて金属回路がセラミックス基板に接合されてなるものであって、金属回路同士間、接合層同士間及び金属回路と接合層との間の間隔のうち最短間隔が0.5～1.0mm、金属回路の下端部からはみ出し接合層の長さが $-50 \mu\text{m}$ （内側に $50 \mu\text{m}$ ）～ $+30 \mu\text{m}$ （外側に $30 \mu\text{m}$ ）、及び金属回路の下端部と上端部との寸法差が $50 \sim 100 \mu\text{m}$ であることを特徴とする回路基板。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電子部品のパワーモジュール等に使用される回路基板に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、ロボットやモーター等の産業機器の高性能化に伴い、大電力・高能率インバーター等パワーモジュールの変遷が進んでおり、半導体素子から発生する熱も増加の一途をたどっている。この熱を効率よく放散させるため、パワーモジュール基板では従来より様々な方法が取られてきた。特に最近、良好な熱伝導を有するセラミックス基板が利用できるようになったため、その基板上に銅板等の金属板を接合し、回路を形成後、そのままあるいはNiメッキ等の処理を施してから半導体素子を実装する構造も採用されつつある。

【0003】このようなモジュールは、当初、簡単な工作機械に使用されてきたが、ここ数年、溶接機、電車の駆動部、電気自動車に使用されるようになり、より厳しい環境条件下における耐久性と更なる小型化が要求されるようになってきた。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】この要求を満たすには、例えば電流密度を上げるための金属回路厚の増加や、金属回路パターンの微細化等があるが、それをヒートサイクルに対する耐久性と生産性に優れる活性金属ろう付け法によって実現させることは困難であった。何故なら、活性金属ろう付け法においては、金属回路パターン形成時にろう材除去を行う必要があるからである。

【0005】本発明の目的は、ヒートサイクルに対する耐久性が高く、金属回路パターンの微細化を実現させた回路基板を生産性よく製造することである。本発明の目的は、活性金属を含む接合層の金属回路の下端部からはみ出し長さ及び金属回路パターン間隔の長さを最適化

することによって達成することができる。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】すなわち、本発明は、活性金属を含む接合層を、金属回路の下端部から内側及び／又は外側にはみ出させて金属回路がセラミックス基板に接合されてなるものであって、金属回路同士間、接合層同士間及び金属回路と接合層との間の間隔のうち最短間隔が0.5～1.0mmであり、しかもその最短間隔における150℃の絶縁抵抗が $1 \times 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上であることを特徴とする回路基板である。

【0007】更に、本発明は、活性金属を含む接合層を、金属回路の下端部から内側及び／又は外側にはみ出させて金属回路がセラミックス基板に接合されてなるものであって、金属回路同士間、接合層同士間及び金属回路と接合層との間の間隔のうち最短間隔が0.5～1.0mm、金属回路の下端部からはみ出し接合層の長さが $-50 \mu\text{m}$ （内側に $50 \mu\text{m}$ ）～ $+30 \mu\text{m}$ （外側に $30 \mu\text{m}$ ）、及び金属回路の下端部と上端部との寸法差が $50 \sim 100 \mu\text{m}$ であることを特徴とする回路基板である。

## 【0008】

【発明の実施の形態】以下、更に詳しく本発明について説明すると、銅等の金属回路と窒化アルミニウム基板等のセラミックス基板が接合層を介して接合されてなる回路基板の信頼性については、接合層の厚みも以外に、ヒートサイクルに伴う金属回路のセラミックス基板からの剥離は金属回路端部から生じるため、その端部形状を適正化し、熱応力を緩和させることが重要なことである（例えば特開平3-261669号公報、特開平4-343287号公報）。

【0009】従来までの認識は、エッチングファクターすなわち金属回路の下端部と上端部との寸法差が大きく、しかも金属回路下端部からの接合層のはみ出し長さの大きい方が熱応力が分散されるので、金属回路が剥離し難いということであった。しかしながら、エッチングファクターの小さい金属回路パターンの設計を行うには、パターン間距離を長くする必要があったので、小型化や金属回路パターンの微細化に対応できないという問題があった。そこで、本発明者らは、エッチングファクターと接合層のはみ出し長さを規定することによって、信頼性を保持しつつ、小型化と金属回路パターンの微細化を可能とした。

【0010】本発明の回路基板の形状の一例を示す部分概略断面図を図1、図2に示す。図1は、接合層が金属回路の下端部から外側にはみ出た例であり、図2は接合層が外側と内側にはみ出た例である。図において、1は金属回路、2は接合層、3はセラミックス基板であり、またtは金属回路の厚み、aははみ出し接合層の長さ（+が外側、-が内側にはみ出ていることを示す）、bは金属回路の下端部と上端部との寸法差、cは金属回路

同士間、接合層同士間及び金属回路と接合層との間の間隔のうちの最短間隔である。

【0011】本発明の回路基板の前提条件は、金属回路とセラミックス基板とが活性金属を含む接合層により接合されていることであり、これは活性金属ろう付け法によって製造することができる。この場合、セラミックス基板の一方の面に金属回路、他方の面に金属放熱板を形成する方法としては、セラミックス基板と金属板との接合体をエッチングする方法、金属板から打ち抜かれた金属回路、放熱金属板のパターンをセラミックス基板に接合する方法等によって行うことができる。

【0012】金属とセラミックスの接合方法としては、活性金属ろう付け法以外に、Mo-Mn法、硫化銅法、DBC法、銅メタライズ法等があるが、本発明で活性金属ろう付け法を採用している理由は、この方法はヒートサイクルに対する耐久性と生産性に優れるからである。

【0013】活性金属ろう付け法については、例えば特開昭60-177634号公報に記載されている。活性金属ろう付け法におけるろう材の金属成分は、銀と銅を主成分とし、溶融時のセラミックス基板との濡れ性を確保するために活性金属を副成分とする。活性金属成分は、セラミックス基板と反応して酸化物や窒化物を生成し、ろう材とセラミックス基板との結合を強固なものにする。活性金属の具体例をあげれば、チタン、ジルコニウム、ハフニウム、ニオブ、タンタル、バナジウムやこれらの化合物である。これらの比率としては、銀80～95重量部と銅20～5重量部の合計量100重量部あたり活性金属1～7重量部である。接合温度は800～840℃が望ましい。また、このろう材で形成される接合層の厚みは、10～20μm程度であることが好ましい。

【0014】次に、本発明の回路基板においては、金属回路の厚みtが0.3mm以上、特に0.3～0.5mmが好ましい。0.3mmよりも薄いと高電流密度の要求に対応することができない。金属放熱板を形成させる場合は、その厚みは0.2mm以上であることが好ましい。金属回路及び金属放熱板の材質としては、銅又は銅合金が一般的であるが、これに限定されることはない。

【0015】また、本発明においては、金属回路同士間、接合層同士間及び金属回路と接合層との間の間隔のうち最短間隔cが0.5～1.0mmである。最短間隔cが0.5mmよりも狭いと絶縁抵抗が小さくなり、1.0mmよりも広がると、もはやファインパターンとはいえない。

【0016】更に、本発明においては、上記最短間隔cにおける150℃の絶縁抵抗が $1 \times 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上である。絶縁抵抗がこれよりも小さいと5.0kV及び0.5mAの電流が流れたときに絶縁破壊を起こしてしまう。

【0017】このような絶縁抵抗にするには、上記最短

間隔cを0.5mm以上とすると共に、金属回路の下部からのはみ出し接合層の長さaを $-50 \mu\text{m}$ （内側に $50 \mu\text{m}$ はみ出している意味）から $+30 \mu\text{m}$ （外側に $30 \mu\text{m}$ はみ出している意味）、好ましくは $-20 \mu\text{m} \sim +20 \mu\text{m}$ とすることである。なお、 $-50 \mu\text{m}$ よりも更に内側に接合層をはみ出させることによって絶縁抵抗を更に大きくすることができるが、この場合はセラミックス基板と金属回路との空隙に微少な異物が入り込み易くなり、実装時の加熱によってその異物が外に出て不具合を起こしたり、ヒートサイクルに対する耐久性が悪くなる。

【0018】更に、本発明の回路基板にあつては、エッチングファクターを示す金属回路の下端部と上端部との寸法差bが50～100μmであることが好ましい。50μmよりも小さいと、熱応力の集中が大きく回路基板の耐久性に問題があり、また100μmよりも大きいと、実際にシリコンチップ等を搭載する金属回路面の広さが狭くなりファインパターン化に支障を来し小型化が困難となる。

【0019】本発明で使用されるセラミックス基板の材質としては、窒化ケイ素、窒化アルミニウム、アルミナ等であるが、パワーモジュールには窒化アルミニウムが適している。セラミックス基板の厚みとしては、厚すぎると熱抵抗が大きくなり、薄すぎると耐久性がなくなるため、0.5～0.8mm程度が好ましい。

【0020】また、セラミックス基板の表面性状は重要であり、微少な欠陥や窪み等は、金属回路、金属放熱板あるいはそれらの前駆体である金属板をセラミックス基板に接合する際に悪影響を与えるため、平滑であることが望ましい。従って、セラミックス基板は、ホーニング処理や機械加工等による研磨処理が施されていることが好ましい。

#### 【0021】

【実施例】以下、本発明を実施例と比較例をあげて具体的に説明する。

#### 【0022】実施例1～6 比較例1～6

重量割合で、銀粉末90部、銅粉末10部、ジルコニウム粉末3部、チタン粉末3部及びテルピネオール15部を配合し、ポリイソブチルメタアクリレート（トルエン溶液を加えてよく混練し、ろう材ペーストを調整した。このろう材ペーストを窒化アルミニウム基板（サイズ：60mm×36mm×0.65mm 曲げ強さ：40kg/mm<sup>2</sup> 熱伝導率：135W/mK）の両面にスクリーン印刷によって全面に塗布した。その際の塗布量（乾燥後）は9mg/cm<sup>2</sup>とした。

【0023】次に、金属回路形成面に60mm×36mm×0.3mmの銅板を、また金属放熱板形成面に60mm×36mm×0.15mmの銅板をそれぞれ接触配置してから、真空度 $1 \times 10^{-5} \text{ Torr}$ 以下の真空中、830℃で30分加熱した後、2℃/分の降温速度で冷

却して接合体を製造した。

【0024】次いで、この接合体の銅板上にUV硬化タイプのエッチングレジストをスクリーン印刷で塗布後、塩化第2銅溶液を用い、表1に示す種々の処理時間でエッチング処理を行って銅板不要部分を溶解除去し、更にエッチングレジストを5%苛性ソーダ溶液で剥離した。このエッチング処理後の接合体には、銅回路パターン間に残留不要ろう材や活性金属成分と窒化アルミニウム基板との反応物があるので、それを除去するため、表1に示す濃度のフッ化アンモニウム ( $\text{NH}_4\text{F}$ ) と過酸化水素 ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) の混合溶液からなる薬液に浸漬し、表1に示される寸法の回路基板を製造した。

【0025】これら一連の処理を経て製作された回路基\*

		エッチング時間 分	薬液処理条件				回路基板寸法			最短間隔 c における 絶縁抵抗 $\Omega \cdot \text{cm}$	耐ヒートサイ クル試験 回	パター ン間の 絶縁耐 圧試験
			温度 $^{\circ}\text{C}$	濃度 wt%		浸漬 時間 分	a 値 $\mu\text{m}$	b 値 $\mu\text{m}$	c 値 mm			
				$\text{NH}_4\text{F}$	$\text{H}_2\text{O}_2$							
実施例	1	40	70	10	20	20	+20	60	0.74	$5.5 \times 10^{12}$	1200	合格
	2	40	70	10	20	30	-20	70	0.85	$7.5 \times 10^{12}$	1100	合格
	3	40	60	15	15	30	-40	80	0.83	$7.5 \times 10^{12}$	1100	合格
	4	40	70	10	5	20	+20	120	0.74	$5.5 \times 10^{11}$	1400	合格
	5	35	70	10	10	20	-40	120	0.65	$7.5 \times 10^{11}$	1400	合格
	6	40	70	10	10	30	-60	80	0.83	$7.5 \times 10^{12}$	1000	合格
比較例	1	40	60	10	10	30	+40	30	0.74	$6.5 \times 10^{10}$	1200	不合格
	2	40	70	8	5	20	+40	80	0.70	$4.5 \times 10^{10}$	1400	不合格
	3	20	70	10	20	20	+20	60	0.34	$5.5 \times 10^{10}$	1200	不合格
	4	20	70	10	20	30	-20	70	0.35	$7.5 \times 10^{10}$	1100	不合格
	5	20	70	10	5	20	+20	120	0.34	$5.5 \times 10^{10}$	1400	不合格
	6	20	70	10	10	20	-40	120	0.35	$7.5 \times 10^{10}$	1400	不合格

【0028】

【発明の効果】本発明によれば、ヒートサイクルに対する耐久性が高く、金属回路パターンの微細化を実現させた回路基板を生産性よく製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の回路基板の形状の一例を説明する部分概略断面図。

【図2】本発明の回路基板の形状の一例を説明する部分概略断面図。

\*板について、気中、 $-40^{\circ}\text{C} \times 30$ 分保持後、 $25^{\circ}\text{C} \times 10$ 分間放置、更に $125^{\circ}\text{C} \times 30$ 分保持後、 $25^{\circ}\text{C} \times 10$ 分間放置を1サイクルとするヒートサイクル試験を行い、銅回路又は放熱銅板が剥離開始したヒートサイクル回数を測定した。

【0026】また、最短間隔 c における温度  $150^{\circ}\text{C}$  の絶縁抵抗を J I S C 6481 に準じて測定した。更に、パターン間の絶縁耐圧試験を、絶縁油中、AC 5.0 kV、カットオフ電流 0.5 mA を 1 分間印加して行った。それらの結果を表1に示す。

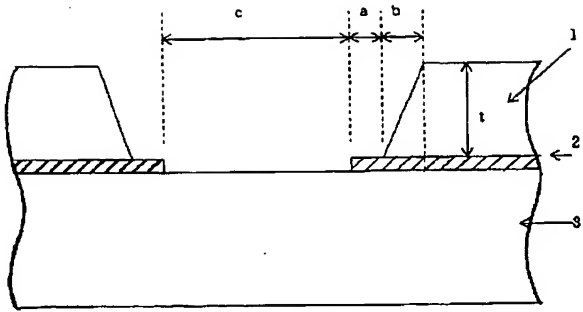
【0027】

【表1】

【符号の説明】

- 1 金属回路
- 2 接合層
- 3 セラミックス基板
- t 金属回路の厚み
- a はみ出し接合層の長さ
- b 金属回路の下端部と上端部との寸法差
- c 金属回路同士間、接合層同士間及び金属回路と接合層との間の間隔のうちの最短間隔

【図1】



【図2】

